

明細書

マイクロレンズアレイ及びその製造方法並びに光学装置

技術分野

本発明は、マイクロレンズアレイ及びその製造方法並びに光学装置に関する。

背景技術

これまでに、複数の微小なレンズが並べられて構成されるマイクロレンズアレイが、例えば液晶パネルに適用されてきた。マイクロレンズアレイを適用することで、各レンズによって各画素に入射する光が集光するので、表示画面を明るくすることができます。

マイクロレンズアレイのレンズ面は、凹凸形状になっているが、その上に電極などを形成するためには平坦性が要求される。そこで、従来は、レンズ面上に例えば接着剤を介してカバーガラスを貼り付けて、これを研磨して薄くすることで、レンズ上に平坦面を形成していた。しかし、特に、研磨工程は、時間がかかるものであった。

本発明は、このような問題点を解決するもので、その目的は、簡単な工程で平坦面を有するマイクロレンズアレイを製造する方法及びその方法により製造されるマイクロレンズアレイ並びに光学装置を提供することにある。

発明の開示

(1) 本発明に係るマイクロレンズアレイの製造方法は、複数のレンズが形成されたマイクロレンズアレイ基板のレンズ面と、1つの面が平坦面である原盤の前記平坦面と、を光透過性層前駆体を介して密着させる第1工程と、
前記光透過性層前駆体を固化して光透過性層を形成する第2工程と、

前記原盤を前記光透過性層から剥離する第3工程と、
を含む。

本発明によれば、マイクロレンズアレイ基板のレンズ面上に光透過性層が形成される。光透過性層の上面は、原盤の平坦面によって平坦になる。このように本発明によれば、原盤を光透過性層前駆体に密着させてから剥離するという簡単な工程で、マイクロレンズアレイ基板のレンズ面上に、平坦面を有する光透過性層を形成することができる。

(2) このマイクロレンズアレイの製造方法において、

前記光透過性層上に、ブラックマトリクス、電極及び配向膜のうち少なくとも1つを形成する工程をさらに含んでもよい。

これによれば、光透過性層の平坦な面に、ブラックマトリクス、電極及び配向膜のうち少なくとも1つを形成することができる。

(3) このマイクロレンズアレイの製造方法において、

前記光透過性層上に保護膜を形成する工程をさらに含んでもよい。

これによれば、光透過性層として耐性の低い材料を使用しても、保護膜によって光透過性層を保護することができる。

(4) このマイクロレンズアレイの製造方法において、

前記保護膜上に、ブラックマトリクス、電極及び配向膜のうち少なくとも1つを形成する工程をさらに含んでもよい。

これによれば、光透過性層の平坦な面に形成された保護膜上に、ブラックマトリクス、電極及び配向膜のうち少なくとも1つを形成することができる。

(5) このいずれかに記載のマイクロレンズアレイの製造方法において、

前記光透過性層前駆体は、エネルギーの付与により硬化可能な物質を含んでもよい。

(6) このマイクロレンズアレイの製造方法において、

前記エネルギーは、光及び熱の少なくともいずれか一方であってもよい。

(7) このいずれかに記載のマイクロレンズアレイの製造方法において、

前記光透過性層前駆体は、樹脂からなるものであってもよい。

(8) 本発明に係るマイクロレンズアレイは、上記方法により製造される。

(9) 本発明に係る光学装置は、上記マイクロレンズアレイを有する。

(10) この光学装置は、

前記マイクロレンズアレイに向けて光を照射する光源を有する表示装置であつてもよい。

(11) この光学装置は、

前記マイクロレンズアレイによって集光した光が入射する撮像素子を有する撮像装置であつてもよい。

図面の簡単な説明

図1（A）～図1（C）は、本発明を適用した実施の形態に係るマイクロレンズアレイの製造方法を示す図である。

図2（A）～図2（B）は、本発明を適用した実施の形態に係るマイクロレンズアレイの製造方法を示す図である。

図3は、本発明を適用した実施の形態の変形例を示す図である。

図4は、本発明を適用したマイクロレンズアレイを備える電子機器を示す図である。

図5は、本発明を適用したマイクロレンズアレイを備える電子機器を示す図である。

図6（A）～図6（E）は、マイクロレンズアレイ基板を製造するための原盤を製造する工程を示す図である。

図7（A）～図7（C）は、マイクロレンズアレイ基板を製造するための原盤から中間盤を製造する工程を示す図である。

図8（A）～図8（C）は、マイクロレンズアレイ基板を製造するための中間盤

から複製盤を製造する工程を示す図である。

図9（A）～図9（C）は、マイクロレンズアレイ基板を製造する工程を示す図である。

図10（A）～図10（E）は、マイクロレンズアレイ基板を製造するための原盤を製造する工程を示す図である。

図11（A）～図11（C）は、マイクロレンズアレイ基板を製造するための原盤を製造する工程を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な実施の形態について図面を参照して説明する。

図1（A）～図2（B）は、本発明を適用した実施の形態に係るマイクロレンズアレイの製造方法を示す図である。なお、本実施の形態で、マイクロレンズアレイとは、複数のレンズが形成されたマイクロレンズアレイ基板のレンズ面に、光透過性層が形成されてなるものである。

図1（A）に示すマイクロレンズアレイ基板10、原盤20及び光透過性層前駆体30を用意する。なお、マイクロレンズアレイ基板10を構成する層を形成する材料を第1の光透過性層前駆体と称し、光透過性層前駆体30を第2の光透過性層前駆体と称してもよい。また、マイクロレンズアレイ基板10を構成する層を第1の光透過性層と称し、光透過性層前駆体30によって形成される光透過性層32を第2の光透過性層と称してもよい。

マイクロレンズアレイ基板10は、光透過性を有する。マイクロレンズアレイ基板10の少なくとも一方の面（多くの場合、一方の面だけ）には、複数のレンズ12が形成されている。図1（A）に示す各レンズ12は、凸レンズであるが、凹レンズであってもよい。

原盤20には、平坦面22が形成されている。平坦面22は、マイクロレンズアレイ基板10の複数のレンズ12が形成された領域に対応する広さを有する。

原盤 20 は、基板の形状であってもよく、その場合には一方の面が平坦面 22 であればよい。原盤 20 は、金属で形成されたものであってもよく、あるいは、ガラスなどの光透過性を有する材料で形成されていてもよい。

光透過性層前駆体 30 は、マイクロレンズアレイ基板 10 のレンズ 12 上に設けられるので、光の透過率が高いことが好ましい。また、光透過性層前駆体 30 は、レンズ 12 のレンズ面に密着して、界面で光を屈折させるための性質を有する。すなわち、固化したときの光透過性層前駆体 30 は、マイクロレンズアレイ基板 10 のレンズ 12 と、屈折率が異なっている。

本実施の形態では、マイクロレンズアレイ基板 10 のレンズ 12 が形成された面と、原盤 20 の平坦面 22 と、を光透過性層前駆体 30 を介して密着させる。

そして、光透過性層前駆体 30 を所定領域まで塗り拡げて図 1 (B) に示すように、マイクロレンズアレイ基板 10 と原盤 20 との間に光透過性層前駆体 30 からなる光透過性層 32 を形成する。

図 1 (A) では、マイクロレンズ基板 10 のレンズ 12 が形成された面に、光透過性層前駆体 30 を載せてあるが、原盤 20 に載せるか、マイクロレンズアレイ基板 10 及び原盤 20 の両方に載せてよい。また、スピンドルコート法、スプレーコート法、ロールコート法、バーコート法、ディッピング法等の方法により、マイクロレンズアレイ基板 10 及び原盤 20 のいずれか一方、または、両方に、予め光透過性層前駆体 30 を所定領域まで塗り拡げてもよい。

光透過性層前駆体 30 は、原盤 20 からの離型性が良好であり、かつ、この後の工程においてプロセス耐性を有することが好ましい。光透過性層前駆体 30 は、液状あるいは液状化可能な物質であってもよい。液状の物質としては、エネルギーの付与により硬化可能な物質が利用でき、液状化可能な物質としては、可塑性を有する物質が利用できる。

また、光透過性層前駆体 30 として樹脂を選択するときには、エネルギー硬化性を有するもの、あるいは可塑性を有するものが好適である。

エネルギー硬化性を有する樹脂としては、光及び熱の少なくともいずれか一方の付与により硬化可能であることが望ましい。光や熱の利用は、汎用の露光装置、ベイク炉やホットプレート等の加熱装置を利用でき、省設備コスト化を図ることが可能である。

このようなエネルギー硬化性を有する樹脂としては、例えば、アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂、メラミン系樹脂、ポリイミド系樹脂等が利用できる。特に、アクリル系樹脂は、市販品の様々な前駆体や感光剤(光重合開始剤)を利用することで、光の照射で短時間に硬化するものが容易に得られるため好適である。

光硬化性のアクリル系樹脂の基本組成の具体例としては、プレポリマーまたはオリゴマー、モノマー、光重合開始剤があげられる。

プレポリマーまたはオリゴマーとしては、例えば、エポキシアクリレート類、ウレタンアクリレート類、ポリエステルアクリレート類、ポリエーテルアクリレート類、スピロアセタール系アクリレート類等のアクリレート類、エポキシメタクリレート類、ウレタンメタクリレート類、ポリエステルメタクリレート類、ポリエーテルメタクリレート類等のメタクリレート類等が利用できる。

モノマーとしては、例えば、2-エチルヘキシルアクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート、2-ヒドロキシエチルアクリレート、2-ヒドロキシエチルメタクリレート、N-ビニル-2-ピロリドン、カルビトールアクリレート、テトラヒドロフルフリルアクリレート、イソボルニルアクリレート、ジシクロペンテニルアクリレート、1,3-ブタンジオールアクリレート等の単官能性モノマー、1,6-ヘキサンジオールジアクリレート、1,6-ヘキサンジオールジメタクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート、ネオペンチルグリコールジメタクリレート、エチレングリコールジアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ペタエリスリトールジアクリレート等の二官能性モノマー、トリメチロールプロパントリアクリレート、トリメチロールプロパントリメタクリレート、ペタエリスリトールトリアクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサクリレート

等の多官能性モノマーが利用できる。

光重合開始剤としては、例えば、2, 2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノン等のアセトフェノン類、 α -ヒドロキシイソブチルフェノン、p-イソプロピル- α -ヒドロキシイソブチルフェノン等のブチルフェノン類、p-tert-ブチルジクロロアセトフェノン、p-tert-ブチルトリクロロアセトフェノン、 α , α -ジクロル-4-フェノキシアセトフェノン等のハロゲン化アセトフェノン類、ベンゾフェノン、N, N-テトラエチル-4, 4-ジアミノベンゾフェノン等のベンゾフェノン類、ベンジル、ベンジルジメチルケタール等のベンジル類、ベンゾイン、ベンゾインアルキルエーテル等のベンゾイン類、1-フェニル-1, 2-プロパンジオン-2-(o-エトキシカルボニル)オキシム等のオキシム類、2-メチルチオキサントン、2-クロロチオキサントン等のキサントン類、ミヒラーケトン、ベンジルメチルケタール等のラジカル発生化合物が利用できる。

なお、必要に応じて、酸素による硬化阻害を防止する目的でアミン類等の化合物を添加したり、塗布を容易にする目的で溶剤成分を添加してもよい。溶剤成分としては、特に限定されるものではなく、種々の有機溶剤、例えば、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、メトキシメチルプロピオネート、エトキシエチルプロピオネート、エチルラクテート、エチルピルビネート、メチルアミルケトン等が利用可能である。

これらの物質によれば、平坦性に優れたシリコン又は石英で原盤20を形成したときに、離型性が良好であるため好適である。

また、可塑性を有する樹脂としては、例えば、ポリカーボネート系樹脂、ポリメチルメタクリレート系樹脂、アモルファスポリオレフィン系樹脂等の熱可塑性を有する樹脂が利用できる。このような樹脂を軟化点温度以上に加温することにより可塑化させて液状とし、図2(B)に示すように、マイクロレンズアレイ基板10と原盤20の間に挟み込んだ後、可塑化させた樹脂を冷却することにより固化させると、光透過性層32が形成される。

なお、必要に応じて、マイクロレンズアレイ基板10と原盤20とを貼り合わせる際に、マイクロレンズアレイ基板10及び原盤20の少なくともいずれか一方を介して加圧しても良い。加圧することで、光透過性層前駆体30が所定領域まで塗れ拡がる時間を短縮できることで作業性が向上する。

そして、光透過性層前駆体30に応じた固化処理を施す。例えば、光硬化性の樹脂を用いた場合であれば、所定の条件で光を照射する。これにより光透過性層前駆体30を固化させて、図2(B)に示すように、光透過性層32を形成する。

次いで、図1(C)に示すように、光透過性層32から原盤20を剥離すると、マイクロレンズアレイ基板10のレンズ12が形成された面に、光透過性層32が残される。光透過性層32には、原盤20の平坦面22に対応して平坦面34が形成されている。

次に、図2(A)に示すように、光透過性層32の平坦面34に保護膜40を形成してもよい。保護膜40は、その後のプロセス耐性を有するものであれば特に限定されないが、例えば無機質の材料を使用することができる。具体的には、ポリシリザン、ポリシロキサン等の液状のガラス前駆体によって保護膜40を形成することができる。

保護膜40は、セラミックスで形成してもよい。保護膜40は、石英ガラス(シリケートガラス)などのように、二酸化ケイ素(SiO₂)で形成してもよい。二酸化ケイ素(SiO₂)は、表面が硬く、耐熱性、耐水性、耐薬品性、耐久性に優れ、低コストで形成することができる。その形成には、コロイド状シリカ(シリカゾル)を使用してもよく、シリカゾル及びシランカップリング剤を主成分とする原料を使用してもよい。シランカップリング剤は、下地となる光透過性層32との密着性を向上させる。また、表面濡れ性を高める界面活性剤や、反応を促進する触媒を添加してもよい。シリカゾル(又はシリカゾル及びシランカップリング剤を主成分とする原料)は、スピンドル又はディッピングによって、低温で平坦に設けることができる。

保護膜40を形成する前に、光透過性層32の表面に、保護膜40との密着性や濡れ性を改善するための表面処理（例えば、プラズマ処理、シランカップリング処理）を行ってもよい。

光透過性層32自体にプロセス耐性があれば保護膜40は不要である。こうして、マイクロレンズアレイ1が得られる。

そして、図2(B)に示すように、光透過性層32又はその上に形成された保護膜40上に、ブラックマトリクス42、電極（電極膜）44及び配向膜46のうち少なくとも1つを形成する。ブラックマトリクス42は、クロム等からなる膜をエッチングして形成する。保護膜40は、このエッティング工程のプロセス耐性を有する。光透過性層32がエッティング工程のプロセス耐性を有していれば、保護膜40は不要である。配向膜46は、ポリイミド樹脂又はその前駆体の材料を塗布などの方法で設けて、これを100°C～350°Cで焼成して形成される。

塗布方法としては、スピンドルコート法、ロールコート法やフレキソ印刷法等の方法が利用できる。焼成の温度は、使用する材料に応じて適宜設定される。電極44は、例えばITO(Indium Tin Oxide)膜等であり、スパッタや蒸着などの真空成膜法により形成された後、アニール処理が施される。アニール処理の温度は、通常100～300°Cであるが、一般に温度が高いほど抵抗値が下がり良質の電極膜となるので好ましい。なお、配向膜46の形成のための焼成と電極44のアニール処理とを同時に行ってもよい。

本実施の形態によれば、原盤20を光透過性層前駆体30に密着させてから剥離するという簡単な工程で、マイクロレンズアレイ基板10のレンズ12上に、平坦面34を有する光透過性層32を形成することができる。

図3は、本発明を適用した実施の形態に係るマイクロレンズアレイの変形例を示す図である。同図に示すマイクロレンズアレイ2は、凹面の複数のレンズ52が形成されたマイクロレンズアレイ基板50を含む。マイクロレンズアレイ基板50のレンズ52が形成された面に、光透過性層54が形成されている。光透過性層54

の材料及び形成方法には、上記実施の形態で説明した内容を適用できる。光透過性層54には、平坦面56が形成されている。光透過性層54上には、図2(B)に示すものと同様に、ブラックマトリクス42、電極44及び配向膜46のうち少なくとも1つが形成されている。この変形例でも上記実施の形態と同じ効果を達成することができる。

図4は、本発明に係るマイクロレンズアレイを適用した表示装置の一例として、液晶プロジェクタの一部を示す図である。この液晶プロジェクタは、上述した実施の形態に係る方法により製造されたマイクロレンズアレイ1を組み込んだライトバルブ60と、光源としてのランプ70とを有する。

マイクロレンズアレイ1は、レンズ12をランプ70からみて凹状になるように配置されている。また、配向膜46からギャップをあけて、TFT基板62が設けられている。TFT基板62には、透明な個別電極64及び薄膜トランジスタ66が設けられており、これらの上に配向膜68が形成されている。また、TFT基板62は、配向膜68を配向膜46に対向させて配置されている。

配向膜46、68間には、液晶61が封入されており、薄膜トランジスタ66によって制御される電圧によって、液晶61が駆動されるようになっている。

この液晶プロジェクタによれば、ランプ70から照射された光72が、各画素毎にレンズ12にて集光するので、明るい画面を表示することができる。

なお、その前提として、光透過性層32の光屈折率naと、マイクロレンズアレイ基板10の光屈折率nbとは、

$$na < nb$$

の関係にあることが必要である。この条件を満たすことで、屈折率の大きい媒質から、屈折率の小さい媒質に光が入射することになり、光72は両媒質の界面の法線から離れるように屈折して集光する。そして、画面を明るくすることができる。

図5は、本発明に係るマイクロレンズアレイを適用した表示装置の一例として、液晶プロジェクタの一部を示す図である。この液晶プロジェクタは、上述した変形

例に係るマイクロレンズアレイ2を組み込んだライトバルブ80と、光源としてのランプ70とを有する。

マイクロレンズアレイ2は、レンズ52をランプ70からみて凸状になるように配置されている。また、配向膜46からギャップをあけて、TFT基板62が設けられている。TFT基板62には、透明な個別電極64及び薄膜トランジスタ66が設けられており、これらの上に配向膜68が形成されている。また、TFT基板62は、配向膜68を配向膜46に対向させて配置されている。

配向膜46、68間には、液晶61が封入されており、薄膜トランジスタ66によって制御される電圧によって、液晶61が駆動されるようになっている。

この液晶プロジェクタによれば、ランプ70から照射された光72が、各画素毎にレンズ52にて集光するので、明るい画面を表示することができる。

なお、その前提として、光透過性層54の光屈折率na' と、マイクロレンズアレイ基板50の光屈折率nb' とは、

$$na' > nb'$$

の関係にあることが必要である。この条件を満たすことで、屈折率の小さい媒質から、屈折率の大きい媒質に光が入射することになり、光72は両媒質の界面の法線に近づくように屈折して集光する。そして、画面を明るくすることができる。

本発明に係るマイクロレンズアレイは、表示装置以外の光学装置にも応用することができ、例えば、撮像装置に応用することができる。撮像装置は、撮像素子（イメージセンサ）を有する。マイクロレンズアレイによって集光した光が撮像素子に入射する。撮像素子として、CCD（Charge Coupled Device）型が挙げられる。

本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。また、上記マイクロレンズアレイ基板の製造方法は、本発明では限定されないが、例えば次のようにしてマイクロレンズアレイ基板を製造することができる。

（第1のマイクロレンズアレイ基板の製造方法）

次に、図6（A）～図9（C）は、マイクロレンズアレイ基板の製造方法の一例

を説明する図である。

(原盤製造工程)

図6(A)～図6(E)は、マイクロレンズアレイ基板を形成するための原盤を製造する工程を示す図である。上述した実施の形態で説明した原盤20を第2の原盤と称し、ここで説明する原盤を第1の原盤と称してもよい。

まず、図6(A)に示すように、基板112上にレジスト層114を形成する。基板112は、表面をエッチングして原盤110(図6(E)参照)とするためのもので、エッティング可能な材料であれば特に限定されるものではないが、シリコン又は石英は、エッティングにより高精度の曲面部119(図6(E)参照)の形成が容易であるため、好適である。

レジスト層114を形成する物質としては、例えば、半導体デバイス製造において一般的に用いられている、クレゾールノボラック系樹脂に感光剤としてジアゾナフトキノン誘導体を配合した市販のポジ型のレジストをそのまま利用できる。ここで、ポジ型のレジストとは、所定のパターンに応じて放射線に暴露することにより、放射線によって暴露された領域が現像液により選択的に除去可能となる物質のことである。

レジスト層114を形成する方法としては、スピンドルコート法、ディッピング法、スプレーコート法、ロールコート法、バーコート法等の方法を用いることが可能である。

次に、図6(B)に示すように、マスク116をレジスト層114の上に配置し、マスク116を介してレジスト層114の所定領域のみを放射線118によって暴露する。

マスク116は、図6(E)に示す曲面部119の形成に必要とされる領域においてのみ、放射線118が透過するようにパターン形成されたものである。

また、放射線としては波長200nm～500nmの領域の光を用いることが好ましい。この波長領域の光の利用は、液晶パネルの製造プロセス等で確立されてい

るフォトリソグラフィの技術及びそれに利用されている設備の利用が可能となり、低コスト化を図ることができる。

そして、レジスト層114を放射線118によって暴露した後に所定の条件により現像処理を行うと、図6（C）に示すように、放射線118の暴露領域117のレジスト層114のみが選択的に除去されて基板112の表面が露出し、それ以外の領域はレジスト層114により覆われたままの状態となる。

こうしてレジスト層114がパターン化されると、図6（D）に示すように、このレジスト層114をマスクとして基板112を所定の深さエッチングする。

詳しくは、基板112におけるレジスト層114から露出した領域に対して、どの方向にもエッチングが進む等方性エッチングを行う。例えば、ウエットエッチングを適用して、化学溶液（エッチング液）に基板112を浸することで、等方性エッチングを行うことができる。基板112として石英を用いた場合には、エッティング液として、例えば、沸酸と沸化アンモニウムを混合した水溶液（バッファード沸酸）を用いてエッチングを行う。等方性エッチングを行うことで、基板112には、凹状の曲面部119が形成される。なお、曲面部119は、マイクロレンズアレイ基板10のレンズ12（図1（A）参照）の反転形状に等しく、曲面となっている。

次に、エッチングの完了後にレジスト層114を除去すると、図6（E）に示すように、基板112に曲面部119が形成されており、これが原盤110となる。

この原盤110は、一旦製造すればその後、耐久性の許す限り何度も使用できるため経済的である。また、原盤110の製造工程は、2枚目以降のマイクロレンズアレイ基板の製造工程において省略でき、工程数の減少および低コスト化を図ることができる。

上記実施の形態では、基板112上に曲面部119を形成するに際し、ポジ型のレジストを用いたが、放射線に暴露された領域が現像液に対して不溶化し、放射線に暴露されていない領域が現像液により選択的に除去可能となるネガ型のレジストを用いても良く、この場合には、上記マスク116とはパターンが反転したマス

クが用いられる。あるいは、マスクを使用せずに、レーザ光あるいは電子線によつて直接レジストをパターン状に暴露しても良い。

(中間盤製造工程)

図7(A)～図7(C)は中間盤を形成する工程を示す図である。まず、図7(A)に示すように、原盤110の曲面部119を有する面上に、中間盤前駆体122を載せる。そして、補強板120を、この中間盤前駆体122を介して原盤110と密着させることにより、中間盤前駆体122を所定領域まで塗り拡げて図7(B)に示すように、原盤110と補強板120の間に中間盤前駆体122からなる層を形成する。

ここでは、中間盤前駆体122を原盤110上に載せたが、補強板120に載せるか、原盤110及び補強板120の両方に載せててもよい。また、スピニコート法、スプレーコート法、ロールコート法、バーコート法、ディッピング法等の方法により、原盤110及び補強板120のいずれか一方、または、両方に、予め中間盤前駆体122を所定領域まで塗り拡げてもよい。

補強板120は、中間盤124を補強するためのもので、中間盤124を作製する工程や中間盤124から複製盤130を作製する工程において、プロセス耐性を有するものであれば特に限定されるものではなく、例えば、石英、ガラス、樹脂、金属又はセラミック製等の基板が利用できる。なお、中間盤124単独で、上記プロセス耐性を満足できれば、補強板120は不要である。

中間盤前駆体122としては、原盤110からの離型性及び曲面部119の形状の転写性が良好であり、かつ、この後の工程の中間盤124から複製盤130を形成する工程において、プロセス耐性を有し、中間盤124から複製盤130への曲面部126の形状の転写性が良好な物質であれば特に限定されない。中間盤前駆体122として、上述した実施の形態で説明した光透過性層前駆体30として選択できる材料を使用してもよい。これらの物質によれば、高精度のエッチングが可能な点で原盤材料として優れているシリコン又は石英からの離型性が良好であるため

好適である。

また、可塑性を有する樹脂としては、例えば、ポリカーボネート系樹脂、ポリメチルメタクリレート系樹脂、アモルファスポリオレフィン系樹脂等の熱可塑性を有する樹脂が利用できる。このような樹脂を軟化点温度以上に加温することにより可塑化させて液状とし、図7（B）に示すように、原盤110と補強板120の間に挟み込んだ後、可塑化させた樹脂を冷却することにより固化させると、中間盤124が形成される。

このような中間盤前駆体122を介して原盤110と補強板120を密着させることで、中間盤前駆体122は原盤110の曲面部119に対応する形状になる。なお、必要に応じて、原盤110と補強板120とを貼り合わせる際に、原盤110及び補強板120の少なくともいずれか一方を介して加压しても良い。加压することで、中間盤前駆体122が所定領域まで塗れ拡がる時間を短縮できることで作業性が向上し、かつ、曲面部119への充填が確実となる。

そして、中間盤前駆体122に応じた固化処理を施す。例えば、光硬化性の樹脂を用いた場合であれば、所定の条件で光を照射する。これにより中間盤前駆体122を固化させて、図7（B）に示すように、中間盤124を形成する。

次いで、図7（C）に示すように、原盤110から中間盤124及び必要に応じて補強板120を剥離する。こうして得られた中間盤124には、原盤110の凹状の曲面部119に対応して、凸状の曲面部126が形成されている。

（複製盤製造工程）

図8（A）～図8（C）は、中間盤から複製盤を形成する工程を示す図である。まず、図8（A）に示すように、中間盤124の曲面部126が形成されている側の面上に金属膜132を形成して、その表面を導電（体）化する。金属膜132としては、例えば、ニッケル（Ni）を500～1000オングストローム（ 10^{-10} m）の厚みで形成すればよい。金属膜132の形成方法としては、スパッタリング、CVD、蒸着、無電解メッキ法等の方法を用いることが可能である。なお、中間盤

124の表面が、この後の電気鋳造法による金属層の形成において必要な導電性を有していれば、この導電化は不要である。

そして、金属膜132を陰極とし、チップ状あるいはボール状のNiを陽極として電気鋳造法によりさらにNiを電着させて、図8(B)に示すように、厚い金属層134を形成する。電気メッキ液の一例を以下に示す。

スルファミン酸ニッケル	: 550 g/l
ホウ酸	: 35 g/l
塩化ニッケル	: 5 g/l
レベリング剤	: 20 mg/l

続いて、図8(C)に示すように、金属膜132及び金属層134を、中間盤124から剥離し、必要があれば洗浄する等して、複製盤130が得られる。複製盤130には、中間盤124の凸状の曲面部126に対応して、凹状の曲面部136が形成される。曲面部136は、図9(C)に示すレンズ142を転写により形成するための反転パターンとなっている。

また、金属膜132は、必要に応じて剥離処理を施して、複製盤130から除去してもよい。

(光透過性層形成工程)

次に、図9(A)～図9(C)は、複数のレンズを有する光透過性層を形成する工程を示す図である。

まず、図9(A)から図9(B)にかけて示すように、複製盤130と補強板144とを、光透過性層前駆体138を介して密着させる。この光透過性層前駆体138は、マイクロレンズアレイ基板の材料となるものである。この光透過性層前駆体138を第1の光透過性層前駆体と称し、図1に示す光透過性層前駆体30を第2の光透過性層前駆体と称してもよい。

この工程は、図7(A)から図7(B)にかけて示す工程と同様であり、光透過性層前駆体138も、図7(A)に示す中間盤前駆体122として選択可能な物質

から選ぶことができるが、光透過性を有することが必要である。特に、アクリル系樹脂は、市販品の様々な前駆体や感光剤（光重合開始剤）を利用してすることで、光の照射で短時間に硬化し、優れた光学特性を有するマイクロレンズアレイ基板10を形成することが可能であるため好適である。

また、補強板144としては、マイクロレンズアレイ基板として要求される光透過性等の光学的な物性や、機械的強度等の特性を満足するものであれば特に限定されるものではなく、例えば、石英やガラス、あるいは、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルサルファン、ポリエチレンテレフタレート、ポリメチルメタクリレート、アモルファスポリオレフィン等のプラスチック製の基板あるいはフィルムを利用することが可能である。なお、マイクロレンズアレイ基板10単独で、マイクロレンズアレイとして要求される機械的強度等の特性を満足することが可能であれば、補強板144は不要である。

このようにして複製盤130上に形成された光透過性層がマイクロレンズアレイ基板10となる。なお、このマイクロレンズアレイ基板10を構成する光透過性層を第1の光透過性層と称し、図1(B)に示す光透過性層32を第2の光透過性層と称してもよい。

そして、図9(C)に示すように、マイクロレンズアレイ基板10と補強板144を一体的に複製盤130から剥離する。また、必要に応じて補強板144をマイクロレンズアレイ基板10から剥離する。以上の工程によって、マイクロレンズアレイ基板10を得ることができる。

以上の工程では、要するに、曲面部119を有する原盤110から中間盤124を製造し、この中間盤124を基にして複製盤130を複製し、その複製盤130を製品ごとに用いて、補強板144にて補強されたマイクロレンズアレイ基板10を形成する方法である。これによれば、高価な原盤110は中間盤124の製造時にのみ用いるので、原盤110が劣化して製造し直す頻度が減少し、一般的な意味でのマイクロレンズアレイの製造コストを低減することができる。また、原盤11

0から複製盤130を直接形成しないので、両者の材料選択の幅が広がり、複製盤130を形成するための方法の自由度が増すため、曲面部126、136の形状を高い精度で転写することが容易となる。さらに、原盤110及び複製盤130の耐久性の向上が容易となる。

(第2のマイクロレンズアレイ基板の製造方法)

図10(A)～図11(C)は、マイクロレンズアレイ基板の製造方法の他の例を示す図である。上述した製造方法は、凸状のレンズを有するマイクロレンズアレイ基板の製造方法であるが、凹状のレンズを有するマイクロレンズアレイを製造する場合には、原盤110の曲面部119を凸状にすることが必要である。

そこで、凸状の曲面部を有する原盤の形成方法を以下説明する。

まず、図10(A)に示すように、基板212上にレジスト層214を形成する。この工程並びに基板212及びレジスト層214の材料については、上述した製造方法と同様である。

次に、図10(B)に示すように、マスク216をレジスト層214の上に配置し、マスク216を介してレジスト層214の所定領域のみを放射線218によって暴露する。マスク216は、図11(C)に示す曲面部219の形成に必要とされる領域においてのみ、放射線218が透過するようにパターン形成されたものである。

そして、レジスト層214を放射線218によって暴露した後に所定の条件により現像処理を行うと、図10(C)に示すように、放射線218の暴露領域217のレジスト層214のみが選択的に除去されて基板212の表面が露出し、それ以外の領域はレジスト層214により覆われたままの状態となる。

こうしてレジスト層214がパターン化されると、リフロー工程で、レジスト層214を加熱する。そして、レジスト層214が熱により溶融されると、表面張力により、図10(D)に示すようにレジスト層214の表面は、曲面形状をなす。続いて、図10(E)に示すように、このレジスト層214をマスクとして、エ

ッチャント 220 によって、基板 212 を所定の深さエッチングを行う。詳しくは、異方性エッチング、例えば反応性イオンエッチング（R I E）などのドライエッチングを行う。

図 11 (A) ~ 図 11 (C) は、基板がエッチングされる過程を示す図である。基板 212 は、部分的に、曲面形状をなすレジスト層 214 によって覆われている。基板 212 は、まず、レジスト層 214 に覆われていない領域においてエッチングされる。そして、レジスト層 214 は、エッチャント 220 によりエッチングされて、図 11 (A) 及び図 11 (B) に示すように、二点鎖線で示す領域から実線で示す領域へと徐々に小さくなる。ここで、レジスト層 214 は曲面形状をなしていないので、この形状のレジスト層 214 が徐々に小さくなると、基板 212 は徐々に露出していき、この露出した領域が連続的に徐々にエッチングされていく。こうして、基板 212 が連続的に徐々にエッチングされるので、エッチング後の基板 212 の表面形状は曲面となる。最後には、図 11 (C) に示すように、基板 212 に凸状の曲面部 219 が形成されて、原盤 210 が得られる。

この原盤 210 も、一旦製造すればその後、耐久性の許す限り何度でも使用できるため経済的である。また、原盤 210 の製造工程は、2 枚目以降のマイクロレンズアレイの製造工程において省略でき、工程数の減少および低コスト化を図ることができる。

この原盤 210 を使用し、上述した工程を適用してマイクロレンズアレイ基板 2 (図 3 参照) を製造することができ、その場合に、上述した内容がここでも適用される。

請求の範囲

1. 複数のレンズが形成されたマイクロレンズアレイ基板のレンズ面と、1つの面が平坦面である原盤の前記平坦面と、を光透過性層前駆体を介して密着させる第1工程と、

前記光透過性層前駆体を固化して光透過性層を形成する第2工程と、

前記原盤を前記光透過性層から剥離する第3工程と、

を含むマイクロレンズアレイの製造方法。

2. 請求の範囲1記載のマイクロレンズアレイの製造方法において、前記光透過性層上に、ブラックマトリクス、電極及び配向膜のうち少なくとも1つを形成する工程をさらに含むマイクロレンズアレイの製造方法。

3. 請求の範囲1記載のマイクロレンズアレイの製造方法において、前記光透過性層上に保護膜を形成する工程をさらに含むマイクロレンズアレイの製造方法。

4. 請求の範囲3記載のマイクロレンズアレイの製造方法において、前記保護膜上に、ブラックマトリクス、電極及び配向膜のうち少なくとも1つを形成する工程をさらに含むマイクロレンズアレイの製造方法。

5. 請求の範囲1から請求の範囲4のいずれかに記載のマイクロレンズアレイの製造方法において、

前記光透過性層前駆体は、エネルギーの付与により硬化可能な物質を含むマイクロレンズアレイの製造方法。

6. 請求の範囲5記載のマイクロレンズアレイの製造方法において、前記エネル

ギーは、光及び熱の少なくともいずれか一方であるマイクロレンズアレイの製造方法。

7. 請求の範囲 1 から請求の範囲 6 のいずれかに記載のマイクロレンズアレイの製造方法において、

前記光透過性層前駆体は、樹脂からなるマイクロレンズアレイの製造方法。

8. 請求の範囲 1 から請求の範囲 7 のいずれかに記載の方法により製造されるマイクロレンズアレイ。

9. 請求の範囲 8 記載のマイクロレンズアレイを有する光学装置。

10. 請求の範囲 9 記載の光学装置において、

前記マイクロレンズアレイに向けて光を照射する光源を有する表示装置としての光学装置。

11. 請求の範囲 9 記載の光学装置において、

前記マイクロレンズアレイによって集光した光が入射する撮像素子を有する撮像装置としての光学装置。

要約書

簡単な工程で平坦面を有するマイクロレンズアレイを製造する方法及びその方法により製造されるマイクロレンズアレイ並びに光学装置である。マイクロレンズアレイの製造方法は、複数のレンズ12が形成されたマイクロレンズアレイ基板10のレンズ面と、1つの面が平坦面22である原盤20の平坦面22と、を光透過性層前駆体30を介して密着させる第1工程と、前記光透過性層前駆体30を固化して光透過性層32を形成する第2工程と、原盤20を光透過性層32から剥離する第3工程と、を含む。